

INTERFAZ PILOTO PARA LA INTEGRACIÓN DE BLUETOOTH Y RADIO MÓVIL

PILOT INTERFACE FOR BLUETOOTH AND MOBILE RADIO INTEGRATION



AUTOR

CARLOS HENRIQUE
POLANCO HERRERA
Ing. Electrónica y
Telecomunicaciones
*Universidad del Cauca
+57 (2) 8369015
+57 317 749 0140
carlpola@hotmail.com
COLOMBIA

AUTOR

CRISTIAN DIEGO GONZÁLEZ
HURTADO
Ing. Electrónica y
Telecomunicaciones
*Universidad del Cauca
+57 (2) 8316460
+57 312 862 0736
cdgon76@hotmail.com
COLOMBIA

AUTOR

VÍCTOR MANUEL QUINTERO FLÓREZ
Profesor asociado Facultad de Ingeniería
Electrónica y Telecomunicaciones y Coordinador
del Grupo de Radio e InALámbricas (GRIAL)
*Universidad del Cauca
+57 (2) 8209800 Ext 2137
+57 (2) 8209811
vflorez@unicauca.edu.co
COLOMBIA

INSTITUCIÓN

*UNIVERSIDAD DEL CAUCA
UNICAUCA
Universidad pública.
Calle 5 # 4 - 70
CAUCA – POPAYÁN
COLOMBIA

Recepción: Agosto 31 de 2009

Aceptación: Diciembre 27 de 2009

Temática: Sistemas de comunicación móvil e inalámbrica

Tipo de artículo: Artículo de investigación científica y tecnológica

RESUMEN

El presente artículo describe el desarrollo de una interfaz piloto que integra las tecnologías Bluetooth y radio móvil. El objetivo de este trabajo fue desarrollar una interfaz que permitiera la interconexión de un radio de comunicación móvil de dos vías convencional con dispositivos Bluetooth para ampliar las posibilidades de comunicación de los radios, permitiendo el desarrollo de nuevas aplicaciones y servicios que utilicen las características de comunicación de las tecnologías mencionadas.

Para el desarrollo de la interfaz piloto se diseñó e implementó un protocolo de comunicaciones, se utilizaron herramientas software de diseño y simulación de circuitos electrónicos, se habilitaron puertos serie virtuales, y se programaron microcontroladores con el objeto de obtener una implementación exitosa de cada uno de los bloques o elementos principales que conforman la interfaz, y así determinar el comportamiento de las señales y el desempeño del protocolo de comunicaciones diseñado y en general del sistema de comunicaciones.

Se creó un escenario de prueba en el cual la interfaz recibe un código enviado por un dispositivo Bluetooth, lo adapta a la señal del radio móvil, el cual lo transmite a una estación central en la cual se verifica el código en una base de datos y genera una respuesta.

Finalmente se realizó el montaje hardware, se probó las comunicaciones entre los diferentes bloques que constituían el sistema basadas en la definición de un protocolo de comunicación, y se realizaron pruebas de desempeño para analizar parámetros tales como velocidad de transmisión de datos, ancho de banda y tasa de error de bit (BER). El sistema implementó codificación Manchester y un código de detección de errores para brindarle mayor robustez en su primera versión y así mejorar el desempeño de los parámetros anteriormente mencionados.

PALABRAS CLAVES

Radio móvil convencional
Bluetooth
Interfaz Bluetooth radio móvil
Software de simulación
Comunicación

ANALYTICAL SUMMARY

This paper describes the development of a pilot interface which integrates Bluetooth and mobile radio technologies. The aim of this work was to develop an interface which allowed the interconnection of a conventional two-way radio with Bluetooth devices to expand the communication possibilities of the radios and enable the development of new applications and services for using the communication characteristics of the mentioned technologies.

For the development of the pilot interface, a communications protocol was designed and implemented. Design and simulation software tools of electronic circuits were used, virtual serial ports were enabled, microcontrollers were programmed for getting a

successful implementation of each block or main element in the interface and therefore to determine the behavior of signals and the designed communication protocol.

A test scenario was created where the interface receives a code sent by a Bluetooth device, it adapts the message to the mobile radio signal. The mobile radio transmits the code to a central station in which the code is checked in a database and the central station sends a response. Finally, the hardware was mounted and the communications between the different blocks which formed the system were tested based on a communication protocol. Performance parameters like data rate, bandwidth and bit error rate (BER) were tested. The system implemented Manchester encoding and an error detection code to improve the performance of the mentioned parameters.

KEYWORDS

Conventional Radio mobile
Bluetooth
Bluetooth radio mobile interface
Simulation software
Communication

INTRODUCCIÓN

En la actualidad las capacidades de los radio móviles no son aprovechadas completamente, limitándose a su función básica de comunicación de voz, esto es por la falta de desarrollo y comercialización de aplicaciones que brinden servicios diferentes sobre estos sistemas.

Bluetooth es una tecnología inalámbrica que ha incursionado a nivel mundial y en Colombia con gran fuerza, gracias a la comercialización que realizan las empresas de telefonía móvil al ofrecer equipos celulares que cuentan con esta tecnología, así como también la introducción de periféricos para computadores, como por ejemplo, teclados inalámbricos, ratones, cámaras web, chips USB-Bluetooth, etc. basados en esta tecnología y que permite la conexión de estos periféricos con el computador sin necesidad de cables.

De esta forma se planteó el desarrollo de una interfaz piloto que permitiera la interconexión de un radio de dos vías convencional de comunicación móvil con dispositivos Bluetooth para ampliar las posibilidades de comunicación de los radios y permitir el desarrollo de nuevas aplicaciones y servicios que utilicen las características de comunicación de los dispositivos Bluetooth actuales y los radio móviles convencionales.

El desarrollo de la interfaz se realizó en varias etapas que incluyeron la investigación de las tecnologías Bluetooth, sistemas radio, microcontroladores y microprocesadores, el diseño circuital de los elementos de la interfaz, la simulación, construcción hardware y realización de pruebas sobre dichos elementos.

Por último se planteó un escenario de prueba donde se determinó el estado legal de un objeto móvil (vehículo) mediante el uso de la interfaz y una base de datos.

1. MARCO TEÓRICO

Bluetooth es una tecnología estandarizada (IEEE802.15.1) para comunicaciones inalámbricas de voz y datos a través de Dispositivos de Corto Alcance (SRD, *Short Range Device*). Bluetooth funciona en la banda de 2.4 GHz, y divide la banda de trabajo en 79 canales de 1MHz. La banda de frecuencias de operación ha sido definida para aplicaciones industriales científicas y médicas (ISM, *Industrial Scientific and Medical*) y es de libre uso en la mayoría de los países del mundo (con algunas excepciones como Japón, Francia y España donde se define una banda más pequeña, 23 canales de RF con un espaciamiento de 1 MHz). El objetivo principal de la tecnología es remplazar los cables de conexión entre los diferentes dispositivos móviles y fijos, además de permitir la comunicación entre dispositivos en Redes

Inalámbricas de Área Personal (WPAN, *Wireless Personal Area Network*).

Los sistemas de radio permiten la transmisión de la información utilizando medios como el aire. El sistema de radio móvil convencional por medio de un proceso de modulación, modifica la frecuencia de una onda portadora de alta frecuencia en una cantidad proporcional a la amplitud de la señal mensaje a la entrada del radio móvil. La portadora de alta frecuencia se adapta al medio de transmisión por una antena, se propaga por el aire hacia el destino donde se realizan los procesos inversos para extraer de la señal obtenida el mensaje.

2. MATERIALES

Para el desarrollo de este sistema se utilizó un radio móvil Motorola Pro3100 que opera en un canal de banda estrecha de 12.5 kHz, hace uso de modulación en frecuencia (FM, *Frequency Modulation*) que al ser la señal mensaje datos, la señal de radiofrecuencia es una señal FSK (*Frequency Shift Keying*). La configuración del radio hizo que el radio aplicara en la demodulación una característica inversa a la modulación, lo que hace que en comunicaciones de datos los bits lleguen invertidos en su nivel lógico. Los radios móviles se configuraron con una potencia de transmisión de 20W, frecuencia de transmisión de 150.2 MHz y frecuencia de recepción de 151.168 MHz. También se utilizaron dos adaptadores Bluetooth - RS232 (LM058) de la empresa LM Technologies, que permiten la adaptación de las señales Bluetooth a señales seriales de forma transparente.

Además se utilizaron otros materiales de tipo hardware y software entre los que a nivel hardware se encuentran: circuitos integrados de las referencias: MAX232, LM324, 74LS14, Microcontrolador 16F877 (Microchip, USA). A nivel software se encuentran: Proteus 7 Professional (Labcenter Electronics, U.K), el cual es un paquete de simulación de circuitos; Virtual Serial Port Driver (Eltima, USA), que es una aplicación software que permite crear puertos virtuales RS232 que se comportan como puertos reales para aplicaciones que usen comunicación serial. Las dos aplicaciones software anteriores permitieron simular el comportamiento de los diseños hardware y software antes de ser construidos físicamente o implementados en hardware.

Se usó la aplicación Hyperterminal para configurar los adaptadores LM058 y comprobar las comunicaciones seriales tanto a nivel de simulación como de implementación hardware. Los lenguajes de programación PHP y MYSQL, Dwebpro (Servidor Web dinámico) se usaron para implementar la base de datos y la interfaz gráfica de la aplicación. Se usó

la extensión serial PHP para acceder a los puertos seriales directamente desde la aplicación realizada en lenguaje PHP.

3. DESCRIPCIÓN DEL SISTEMA

El sistema está compuesto por tres elementos principales que son: Objeto Móvil, Punto de Control y Estación Central. El Objeto Móvil está compuesto por el Bloque Bluetooth Esclavo; el Punto de Control se compone de un Bloque Bluetooth Maestro y un Bloque Radio Móvil PDC; la Estación Central se compone de un Bloque Radio Móvil EC y un Bloque Central.

En la Figura 1 se observa el sistema general y el diagrama en bloques del sistema de comunicaciones en el cual funciona la interfaz piloto para la integración de Bluetooth y radio móvil.

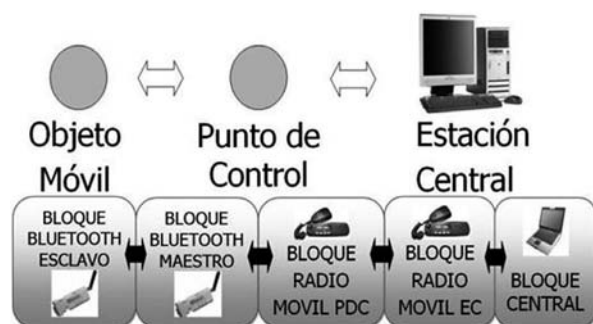


Figura 1. Diagrama General y bloques principales del sistema general.

3.1 BLOQUE BLUETOOTH ESCLAVO

Este bloque es el encargado de transmitir un código de verificación desde el objeto móvil, el cual es cualquier objeto equipado con el dispositivo transceptor Bluetooth LM058 (por ejemplo, un automóvil).

Este bloque se encuentra en el objeto móvil y está formado por dos unidades, una unidad de control y acondicionamiento y una unidad Bluetooth como se ve en la Figura 2.

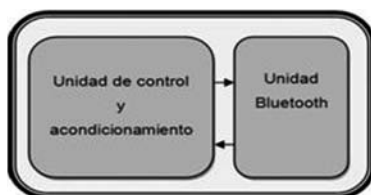


Figura 2. Diagrama bloque Bluetooth esclavo.

• Unidad de control y acondicionamiento

Esta unidad está conformada por un microcontrolador 16F877 y es la encargada de generar las señales de control necesarias para enviar el código de verificación del objeto móvil por medio de la unidad Bluetooth LM 058 al bloque Bluetooth maestro.

• Unidad Bluetooth

Esta unidad está conformada por el dispositivo Bluetooth LM 058 configurado en modo esclavo. Esta unidad es la encargada de recibir los datos provenientes de la unidad de control y acondicionamiento y transmitirlos al bloque Bluetooth maestro.

3.2 BLOQUE BLUETOOTH MAESTRO

Este bloque es el encargado de recibir el código de verificación desde el objeto móvil y transferirlo al bloque radio móvil PDC.

Este bloque se encuentra en los puntos de control, está formado por una unidad de control y acondicionamiento y una unidad Bluetooth como se ve en la Figura 3, éste bloque está conectado al puerto compatible de un radio móvil.

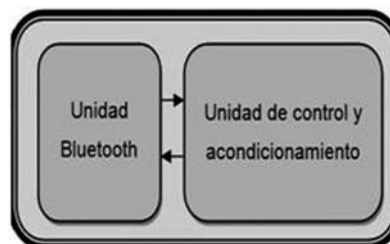


FIGURA 3. Diagrama bloque Bluetooth maestro.

• Unidad Bluetooth

Esta unidad está conformada por un dispositivo LM 058 configurado como maestro y recibe la señal con el código de verificación proveniente del bloque Bluetooth esclavo y lo envía a la unidad de control y acondicionamiento.

• Unidad de control y acondicionamiento

Esta unidad está conformada por un microcontrolador 16F877 y es la encargada de recibir los datos de la unidad Bluetooth maestro, aceptar los dispositivos

que se encuentran en la zona de cobertura, asignar un tiempo de procesamiento a cada uno de ellos y enviar los datos al bloque radio móvil PDC mediante un puerto del microcontrolador.

En esta unidad se adapta el nivel de la señal y se espera un tiempo suficiente para que el radio se estabilice y alcance su máximo nivel de potencia, para realizar la transmisión de los datos (código de verificación) al bloque central.

3.3 BLOQUE RADIO MÓVIL PDC

Este bloque está formado por un radio móvil como se ve en la Figura 4. Este radio móvil tiene un puerto compatible que permite obtener señales de entrada y salida mediante la configuración de sus pines. El radio móvil debe contar con pines configurables como son transmisión de audio, recepción de audio, tierra, Presione Para Hablar (PTT, *Push To Talk*) y Silenciador de Portadora (CSQ, *Carrier Squelch*). Este bloque se encarga de recibir los datos del bloque de Bluetooth maestro y enviarlos vía radio al bloque radio móvil EC, recibir los datos enviados por el radio móvil EC provenientes de la base de datos y mostrar los resultados en el despliegue de la interfaz.



FIGURA 4. Bloque radio móvil PDC.

3.4 BLOQUE RADIO MÓVIL EC

Cuenta con una etapa de control que identifica la trama enviada, extrae la información y la adapta para ser enviada al bloque central.

Este bloque está formado por un radio móvil con las mismas características del bloque anterior y se encarga de recibir los datos provenientes del bloque radio móvil PDC y enviarlos al bloque central para su procesamiento,

recibir el estado del objeto móvil del bloque central y transmitirlo al bloque radio móvil PDC para su despliegue en una pantalla LCD.

3.5 BLOQUE CENTRAL

Este bloque se compone de una unidad de control y acondicionamiento y un computador.

• Unidad de control y acondicionamiento

Esta unidad está conformada por un microcontrolador 16F877 y es la encargada de recibir los datos provenientes del bloque radio móvil EC, extraer la información y adaptarla para ser enviada al computador serialmente. También recibe los datos provenientes del computador, los adapta y envía al bloque radio móvil EC.

• Computador

El computador implementa una aplicación que usa la extensión serial PHP para leer los datos que llegan a su puerto serial y una base de datos con los códigos que determinan el estado del objeto móvil. Los datos leídos serialmente son verificados en la base de datos que retorna el estado del objeto móvil al bloque radio móvil EC.

3.6 PROTOCOLO DE COMUNICACIÓN

El protocolo de comunicación está implementado en las unidades de control y acondicionamiento en los microcontroladores 16F877 y establece las reglas de comunicación entre los bloques del sistema. Se encuentra dividido en dos niveles, un nivel físico para transmitir y recibir bits y un segundo nivel, en el cual se define la forma en que se va a transmitir los datos, es decir la estructura de la trama de información, la cual se muestra en la figura 5.

PRE	SIN	Id Origen	Código	Estado	Error
96 Bits	8 Bits	8 Bits	48 Bits	8 Bits	4 Bits

FIGURA 5. Trama de información.

Los siguientes son los campos que componen la trama definida en el protocolo de comunicación:

- Campo preámbulo (PRE): El preámbulo es una serie de 96 bits que indica el inicio de la trama.
- Campo sincronización (SIN): La sincronización complementa la función del preámbulo y permite

que el receptor identifique el inicio de la información útil (8bits).

- Campo id origen (Id origen): El id origen es el identificador del punto de control (8 bits).
- Campo Código: Conjunto de bits que identifican al objeto móvil (48 bits).
- Campo estado: El estado es un conjunto de 8 bits que permite identificar el estado en el que se encuentra el objeto móvil (infracción, multa, robado, sin problemas).
- Campo error: Este campo permite asegurar que los datos entregados finalmente en el destino son los correctos.

Para realizar la comunicación del sistema se implementó un protocolo orientado a bit que permite la detección de errores, cuando existe un error en el dato recibido el transmisor debe enviar de nuevo la trama de información al no recibir acuse de recibo de la información enviada.

En la etapa de pruebas del sistema se implementó una codificación Manchester para estabilizar la respuesta del sistema.

3.7 PROCESO DE COMUNICACIÓN

En la comunicación del bloque Bluetooth esclavo con el bloque Bluetooth maestro se utilizan dispositivos LM058, el cual es un adaptador Bluetooth a RS232. La ventaja de este dispositivo es su fácil configuración en un entorno Windows, lo que permite la comunicación entre los dispositivos de forma transparente al usuario. En estos bloques se utilizan microcontroladores 16F877 con el fin de conectar los adaptadores LM058 a los puertos serie disponibles en los microcontroladores y enviar el código de verificación del objeto móvil del bloque Bluetooth esclavo al bloque Bluetooth maestro como se ve en la Figura 6.

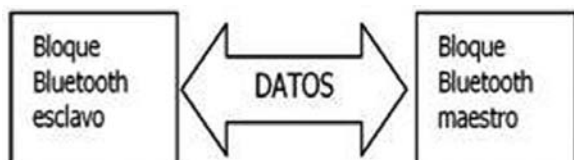


FIGURA 6. Comunicación bloque Bluetooth esclavo-maestro.

Cuando el código de verificación del objeto móvil llega al bloque Bluetooth maestro, el bloque de control y acondicionamiento recibe los datos en el puerto serie del microcontrolador 16F877 y se genera la trama

del protocolo de comunicación con los campos de preámbulo, sincronismo, Id de origen, código, estado y error. La trama se envía serialmente al puerto del radio móvil PDC para ser transmitida desde el punto de control a la estación central como se observa en la Figura 7.

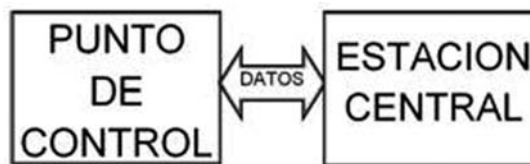


FIGURA 7. Comunicación bloque punto de control-estación central.

En la estación central por medio de la unidad de control y acondicionamiento (UCA) del bloque central se captura la trama de información, se verifica la integridad de los datos por medio del código de redundancia cíclica (CRC, *Cyclic Redundancy Check*) y se envían al computador como se observa en la Figura 8.

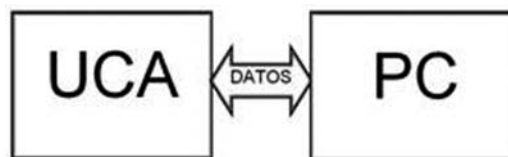


FIGURA 8. Comunicación UCA bloque central- PC.

El código de verificación se busca en la base de datos y se envía como respuesta un código de estado que puede ser L (limpio), M (multa), R (robado), I (infracción), J (ausente). Ese código de estado es un byte (8 bits) que se envía por medio del puerto serie del PC al microcontrolador del bloque central.

El microcontrolador 16F877 de la unidad de control y acondicionamiento del bloque central reconstruye la trama de información y cambia el valor del campo estado al valor del código de estado para ser enviado de la estación central al punto de control.

Cuando la trama de información llega al punto de control es capturada por el bloque de acondicionamiento mediante la interrupción externa del microcontrolador 16F877. Se verifica el CRC y si no tiene errores la trama de información, en el despliegue se visualiza el código de estado relacionado a dicho código.

En la Figura 9 se observa el diagrama general de secuencia de la aplicación, en la que el punto de control envía una petición a los objetos móviles que estén en su rango de cobertura, el objeto móvil responde enviando un código de verificación (placa) del objeto móvil, ésta es recibida por el punto de control el cual inserta el código de verificación en una trama de información que se envía con una solicitud de conexión a la estación central. Si la estación central no responde en un intervalo de tiempo, se retransmite la trama un máximo de 4 veces y se inicializan los microcontroladores para evitar un bloqueo del sistema por permanecer en ciclos infinitos. Si la trama llega correctamente a la estación central, ésta extrae el código de verificación (la placa) para el análisis en la base de datos. La base de datos responde con un código el cual es un carácter que identifica el estado del objeto móvil (multa = m, robado = r, infracción = i, l = limpio). La estación central identifica los datos correspondientes al carácter de código recibido y envía la trama al punto de control para el despliegue del estado del objeto móvil en éste. Si el punto de control no recibe respuesta de la estación central en un tiempo determinado retransmite de nuevo la trama de información.

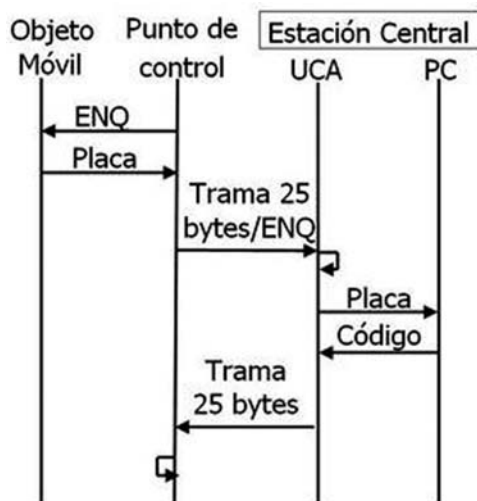


FIGURA 9. Diagrama secuencial general del sistema.

4. RESULTADO

4.1 SIMULACIÓN Y BASE DE DATOS

Mediante las herramientas software de simulación de circuitos Proteus, se simuló el comportamiento circuital de cada uno de los bloques componentes del sistema. Después de esto se utilizó el programa Virtual

Serial Port Driver para crear puertos virtuales y de esta forma simular los procesos de comunicación entre los componentes del sistema. En la Figura 10 se observa la configuración de puertos en este último programa.

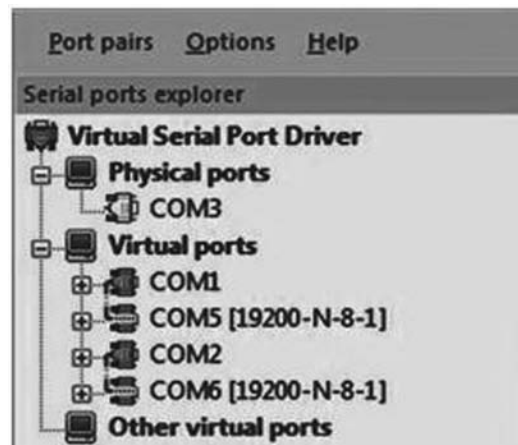


FIGURA 10. Configuración puertos Virtual Serial Port Driver.

En la etapa final de simulación se creó la base de datos, la aplicación en PHP para leer y escribir datos en el puerto serie del computador mediante el uso de PHP Serial Extensión y se simuló el sistema completo obteniéndose los resultados esperados como se ve en la Figura 11.

4.2 TARJETAS DISEÑADAS

En la Figura 12 se observa la tarjeta diseñada e implementada para el objeto móvil que se compone de un dispositivo transceptor Bluetooth LM058, un microcontrolador 16F877 (el cual está programado para transmitir un código de verificación constantemente en sus puertos seriales) y un circuito integrado MAX232 cuya función es adaptar las señales provenientes del puerto RS232 del computador o del adaptador LM 058.

En la Figura 13 se observa la tarjeta diseñada e implementada para el punto de control la cual se compone de un dispositivo transceptor Bluetooth LM058, un microcontrolador 16F877 (en el cual está implementado el protocolo de comunicación), un circuito integrado MAX232 (para adaptar señales), un circuito integrado LM324 el cual se usó para amplificación de señal y adaptación de impedancias y se puede ver el resultado del proceso de comunicación en el despliegue del punto de control.

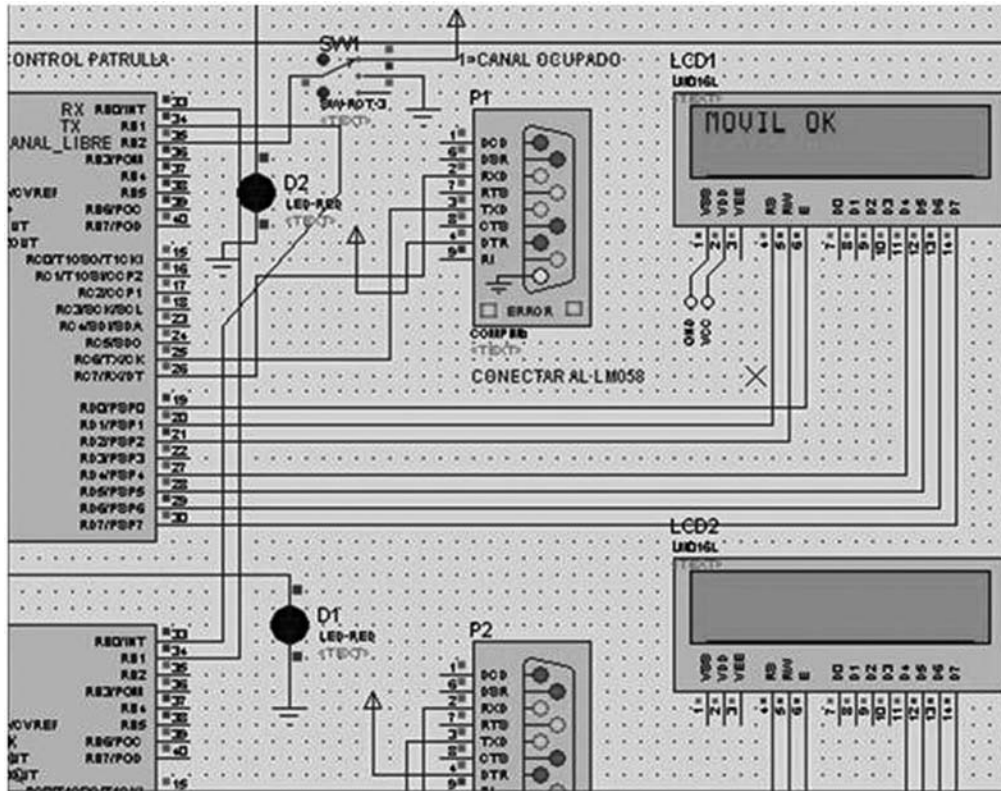


FIGURA 11. Simulación sistema completo.

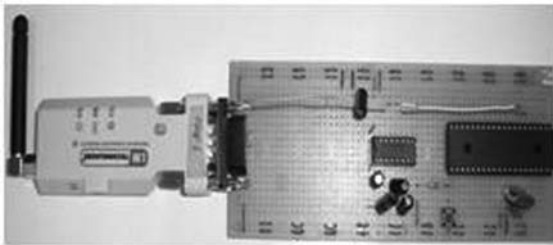


FIGURA 12. Tarjeta objeto móvil.

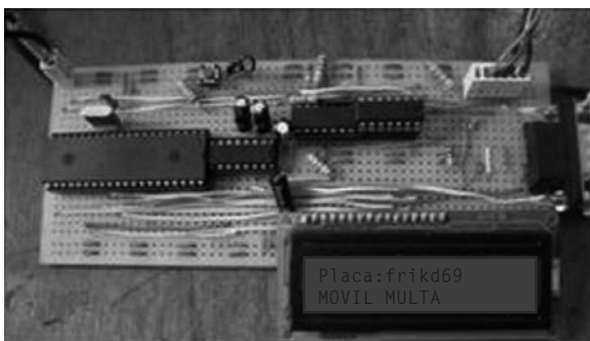


FIGURA 13. Tarjeta punto de control.

En la Figura 14 se observa la tarjeta diseñada e implementada para la estación central la cual tiene los mismos elementos que la tarjeta punto de control pero sin el desplegable.

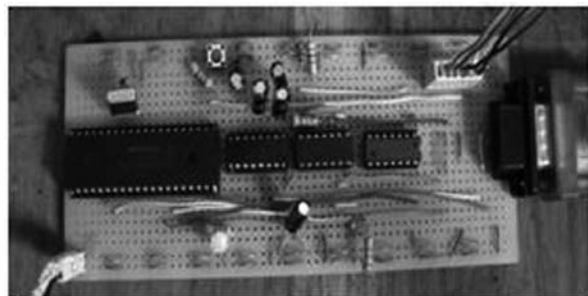


FIGURA 14. Tarjeta estación central.

En la última etapa se implementó el sistema completo con la base de datos y se comprobaron los procesos de comunicación realizados en la simulación como se ve en la Figura 15.



FIGURA 15. Implementación sistema completo.

4.3 VELOCIDAD DE TRANSMISIÓN

Se realizaron pruebas variando el voltaje de entrada en el pin de transmisión del radio móvil para determinar la desviación de frecuencia tal que la transmisión garantizará el uso de un ancho de banda inferior a 12.5 kHz. En la Figura 16 se visualiza la curva de desviación de frecuencia (Δf (kHz)) Vs voltaje de entrada V_{in} (mvpp).

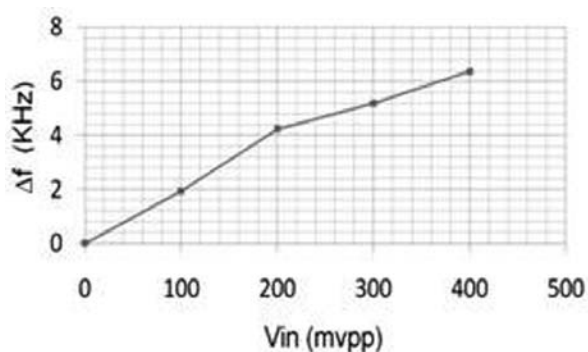


FIGURA 16. Desviación de frecuencia Vs voltaje de entrada.

En las unidades de control y acondicionamiento se diseñó un circuito que redujo el voltaje de la señal de datos entregada por el microcontrolador, eliminó el valor DC y convirtió la señal en bipolar para de esta forma generar el corrimiento de la frecuencia portadora a ambos lados de la frecuencia central del canal.

De esta forma se eligió un voltaje de entrada al radio de 200 mvpp (desviación de frecuencia igual a 4 kHz) y un ancho de pulso de 3 ms con codificación Manchester, obteniendo una velocidad de transmisión de aproximadamente 333 bps.

4.4 ANCHO DE BANDA DEL SISTEMA

El ancho de banda se calcula con los datos obtenidos de la desviación de frecuencia y la velocidad de transmisión de datos del sistema, aplicando la regla de Carson modificada para sistemas FSK que aparece en la ecuación 1.

$$B = 2(\Delta f + R) \quad (1)$$

Donde

Δf = Desviación de frecuencia

R = Velocidad de transmisión de datos.

La desviación estándar seleccionada de la gráfica de desviación de frecuencia vs voltaje fue de $\Delta f \approx 4.380$ kHz y con $R=333$ Kbps se obtuvo un ancho de banda de $B=9.426$ kHz quedando un ancho de banda de 3.074 kHz para las bandas de guarda y protección de interferencia en canales adyacentes.

4.5 TASA DE ERROR DE BIT

Se envió el protocolo que consta de 25 bytes 73 veces consecutivas con codificación Manchester. El resultado que se obtuvo fue que llegaron 1736 bits erróneos de 14600 bits enviados. Esto da una BER de 11.9%, lo cual no es un parámetro aceptable pero que se buscará mejorar en nuevas versiones de la interfaz.

5. DISCUSIÓN

En el pin de recepción del radio móvil Motorola PRO3100 se presentó un nivel DC adicionado a la señal de salida que ocasionaba fallas de lectura en los umbrales de decisión de los microcontroladores 16F877, por lo cual se implementó un filtro pasa alto para bloquear este nivel DC.

En la transmisión de largas cadenas de unos y ceros se detectó un problema debido a que el radio móvil internamente bloqueaba el nivel DC de la señal de datos lo que ocasionaba una degradación en la señal como se observa en la Figura 17.

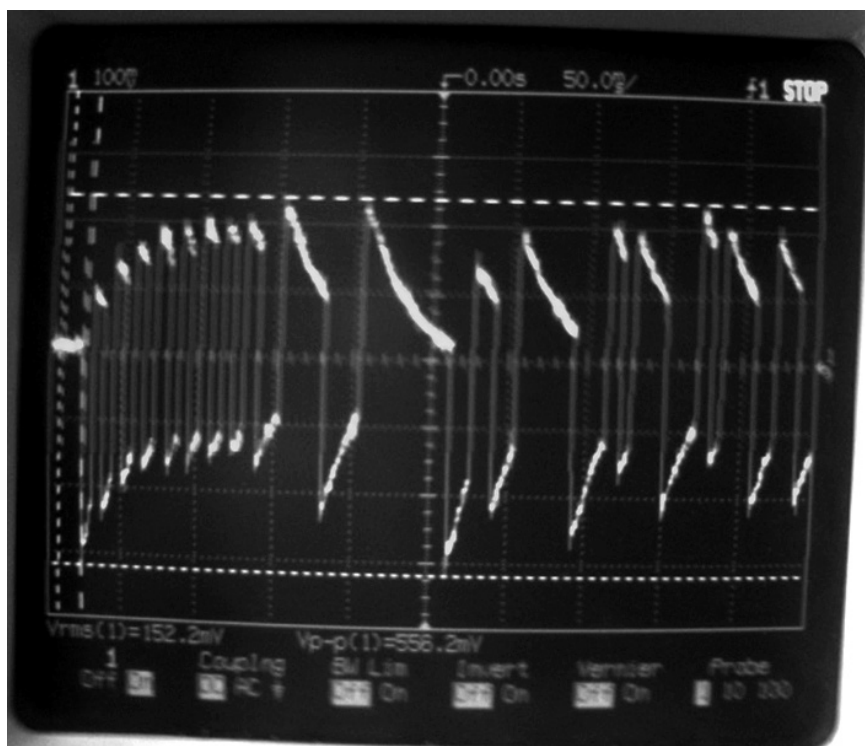


FIGURA 17. Degradación de señal sin Manchester.

Por este motivo se implementó la codificación Manchester que garantiza un cambio continuo de la señal entre dos valores (alto y bajo), y de esta forma se le dio mayor robustez a la comunicación.

En la interfaz implementada se lograron comunicaciones exitosas con una limitante de velocidad. En el programa Proteus se logró una velocidad de 1000bps. Se tiene en cuenta que al aumentar la velocidad de transmisión es necesario volver a calcular los valores del filtro pasa alto el cual se encarga de bajar el nivel DC del pin de recepción del radio Motorola PRO 3100.

6. CONCLUSIONES

- Se implementó una interfaz que permitió interconectar las tecnologías Bluetooth y radios móviles para ofrecer nuevas aplicaciones y servicios.
- Los adaptadores LM 058 permitieron establecer una comunicación con el microcontrolador 16F877 con un mínimo de instrucciones gracias a que los adaptadores seriales en los dispositivos Bluetooth.
- El adaptador Bluetooth a RS232 LM 058 permitió una configuración sencilla para los dispositivos

maestro y esclavo. Los dispositivos LM 058 realizan la comunicación de manera transparente al usuario.

- El 16F877 es un microcontrolador que permite implementar un protocolo propietario adaptable a las necesidades de la interfaz desarrollada.
- Se obtuvo una velocidad de transmisión utilizando codificación Manchester de 333bps.
- Se implementó una etapa para reducir el nivel de voltaje en el pin de transmisión del puerto configurable del radio Motorola pro3100 con el fin de encontrar la desviación de frecuencia que garantiza un ancho de banda inferior a 12.5 KHz en el radio móvil.
- Se implementó un filtro pasa alto para reducir el nivel DC generado por el radio en su pin de salida de datos y evitar así errores en la captura de datos del microcontrolador.
- Se implementó la codificación Manchester para solucionar los errores cuando se envían largas cadenas de unos y ceros gracias al cambio continuo de estados (estados alto y bajo).

- Se implementó un código de detección de errores (verificación de redundancia cíclica (CRC)), el cual permitió la detección de los errores generados en la transmisión. La corrección de los errores en los datos se da por la retransmisión de la trama de información.
- Cuando existe un error en los datos se retransmite la trama de información completa un máximo de 4 veces, esto es con el fin de evitar que el sistema permanezca retransmitiendo en un ciclo infinito y se bloquee el sistema.
- Se implementó una aplicación en PHP y una base de datos que permitió verificar el correcto funcionamiento de la interfaz realizada.

7. REFERENCIAS

- [1] MOBILEINFO, "Bluetooth Technology", Pagina web disponible en: http://www.mobileinfo.com/Bluetooth/air_&_band.htm
Última consulta: Enero 13 de 2009.
- [2] Bluetooth, "BLUETOOTH SPECIFICATION Versión 2", Documento PDF disponible en: www.bluetooth.org/docs/Bluetooth_V11_Core_22Feb01.pdf
Última consulta: Julio 25 de 2008.
- [3] Per Haglund, "Bluetooth Software and Hardware Development", Proyecto de maestría Licenciado en ciencias de la computación, University of London. Londres, 2001. Documento PDF disponible en: <http://citeseerx.ist.psu.edu/viewdoc/summary?doi=10.1.1.117.1563>
Última consulta: Enero 13 de 2009.
- [4] PaloWireless Bluetooth Resource Center, "Bluetooth Tutorial – Specifications", Pagina web disponible en: <http://www.palowireless.com/infotooth/tutorial.asp>
Última consulta: Enero 13 de 2009.
- [5] Informe de la FCC, "Manténgase en contacto usando los servicios de radio personales", Documento PDF disponible en: <http://www.fcc.gov/cgb/consumerfacts/spanish/prs.html>
Última consulta: Enero 13 de 2009.
- [6] José E. Briceño Márquez, "Principios de las comunicaciones". Tercera Edición. Mérida: Publicaciones de la facultad de ingeniería, escuela de ingeniería eléctrica, 2005. 578p.
- [7] Arcos D. Miguel Ángel, "Evolución de los sistemas de comunicaciones móviles terrestres", Documento PDF disponible en: <http://www.tecnicaindustrial.es/a/80u5857jg.pdf>
Última consulta: Enero 13 de 2009.
- [8] Motorola, "Sistemas convencionales", Pagina web disponible en: <http://www.motorola.com/content.jsp?globalObjectId=735-1247>
Última consulta: Enero 13 de 2009.
- [9] Tocci Ronald j, "Sistemas digitales principios y aplicaciones". 6ª edición. México: Prentill-Hall, 1996. 833p.